INFRAESTRUCTURA NATURAL PARA RECUPERACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON FINES DE MITIGACIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS DE MASA

NATURAL INFRASTRUCTURE FOR RECOVERING ECOSYSTEM SERVICES FOR FLOOD RISK MITIGATION AND MASS MOVEMENT PURPOSES

https://doi.org/10.52109/cyp2021110

Gustavo Dongo[1]

[1] Investigador independiente

REGISTROS

Recibido el 15/08/2020
Aceptado el 30/09/2020
Publicado el 31/01/2021

PALABRAS CLAVE

Mitigación de riesgos, movimientos de masa, plantaciones forestales, manejo de pastos, erosión.

KEYWORDS

Mitigation of risks, mass movements, forest plantations, pasture management, erosion.

RESUMEN

El objetivo general del estudio es determinar las acciones que involucren infraestructura natural y las áreas aptas con fines de mitigación de riesgos de inundación y movimientos de masa en la cuenca del Río Rímac. Se evaluaron los factores que influyen de manera directa en la determinación de intervenciones y áreas óptimas con fines de mitigación de riesgos de inundación y movimientos de masa en cuencas hidrológicas mediante Técnicas de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica (SIG), trabajo de campo, consultas a pobladores y autoridades de las Comunidades Campesinas del ámbito de la cuenca. Con la información obtenida mediante el Modelo de Capacidad de Acogida y utilizando información oficial y de WorldClim – GlobalClimate Data; se construyó una base de datos digital vectorial que incluyó altitud, pendientes, cobertura vegetal, precipitación, vigor de la vegetación, vías, riesgos geológicos, susceptibilidad a movimientos de masa, áreas agrícolas, áreas potenciales para plantaciones. El mapa resultante muestra las superficies aptas para intervenciones de infraestructura natural con fines de mitigación de riesgos de inundaciones y movimientos de masa en la cuenca Rímac.

ABSTRACT

The overall objective of the study is to identify actions involving natural infrastructure and suitable areas for flood risk mitigation and mass movements in the Rímac River basin. Factors that directly influence the determination of interventions and optimal areas for flood risk mitigation and mass movements in watersheds include Multicriteria Assessment Techniques and Geographic Information Systems (GIS), fieldwork, consultations with villagers and authorities of the peasant community at the basin level. With the information obtained through the Host Capacity Model and using official information and from WorldClim – GlobalClimate Data; a vector digital database was built that included altitude, slopes, plant coverage, precipitation, vegetation vigor, pathways, geological risks, susceptibility to mass movements, agricultural areas, potential areas for plantations. The resulting map shows the areas suitable for natural infrastructure interventions for flood risk mitigation and mass movements in the Rímac Basin.

INTRODUCCIÓN

En la Constitución Política del Perú el artículo 68 de dicha norma señala que «El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas»

En el segundo párrafo del literal b del artículo 3 de la Ley 30215, se afirma que «el Estado es responsable de promover la inversión pública y privada en la conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos.

Se recomienda la formulación de estudios para Plantaciones Forestales con fines productivos y asimismo formulación de Proyectos Forestales con Fines de Servicios Ambientales Prioritarios: Regulación Hídrica, Control de Erosión de Suelos; de acuerdo a la Resolución Directoral n.° 006-2015-EF/63.01, publicada el 13 de agosto 2015, en concordancia con los Lineamientos de Política de Inversión Público en materia Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos 2015-2021, aprobado con Resolución Ministerial n.° 199- 2015- MINAM.

Debido a la dificultad de intervenciones en un área extensa y heterogénea como es la cuenca del río Rímac, se necesita de herramientas que puedan facilitar y optimizar los recursos como son las técnicas cartográficas y de teledetección, que permiten desarrollar procesos de análisis, planificación, gestión y control de los recursos físicos ambientales y socioculturales.

Definiciones y consideraciones básicas

Ecosistema

Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como unidad funcional. En la Tabla 1.1 se listan los tipos de ecosistemas existentes en el país.

Tabla 1

Tipos de ecosistemas en la cuenca Rímac

Región Natural	Ecosistema
Costa	• Bosque tropical del Pacífico (Tumbes) • Manglar (*) • Bosque estacionalmente seco de colina y montaña • Loma costera • Matorral xérico • Bosque estacionalmente seco de llanura • Bosque estacionalmente seco ribereño (algarrobal)

Región Natural	Ecosistema
Andina	• Desierto costero • Humedal costero
	• Páramo • Pajonal de Puna seca • Pajonal de Puna húmeda • Bofedal (*) • Zona periglaciar y glaciar • Jalca • Matorral de Puna Seca • Bosque relicto altoandino (queñoal y otros) • Bosque relicto montano de vertiente occidental • Bosque relicto mesoandino • Bosque estacionalmente seco interandino (Marañón, Mantaro, Pampas y Apurímac) • Matorral andino
Yunga	• Bosque basimontano de yunga • Bosque montano de yunga • Bosque altimontano (pluvial) de yunga • Matorral montano
Ecosistemas acuáticos	• Lagos y lagunas

(*) Se refiere a humedales

Fuente: Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú. MINAM 2018[1]

Servicios ecosistémicos de regulación hídrica y control de erosión de suelos

Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas y se agrupan en cuatro tipos: 1) de provisión, como alimentos, agua, materias primas; 2) de regulación, como regulación del clima, regulación hídrica, control de erosión de suelos, secuestro de carbono; 3) culturales, como belleza paisajista, recreación y ecoturismo; y, 4) de soporte, como formación de suelos, mantenimiento de la biodiversidad.

El servicio de regulación hídrica consiste en el almacenamiento de agua en los períodos lluviosos y la liberación en los periodos secos. El ecosistema proporciona un balance natural entre caudales en época lluviosa con caudales de estiaje. La regulación hídrica depende principalmente de la intensidad y la estacionalidad de las precipitaciones, la cobertura vegetal, la profundidad del suelo, la variabilidad climática y las prácticas de conservación de agua.

[1] Aprobado mediante R.M N° 440-2018-MINAM, publicada en el diario El Peruano el 21.12.2018.

El servicio de control de erosión de suelos se refiere a la capacidad del ecosistema de disminuir las fuerzas que provocan el desprendimiento de las partículas de suelo, principalmente las fuerzas de erosión producidas por el agua. La cobertura vegetal evita la exposición del suelo a la acción de la lluvia, la escorrentía y el viento, impidiendo la erosión.

Infraestructura natural

Es la red de espacios naturales que conservan los valores y funciones de los ecosistemas, proveyendo servicios ecosistémicos. En la red de espacios naturales se incluyen el conjunto de ecosistemas recuperados y conservados, a través de intervenciones consideradas como inversiones o actividades.

Infraestructura física

Es el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones que constituyen la base para la prestación de servicios necesarios para el desarrollo.

Capital natural

Es el stock de recursos naturales renovables y no renovables que se combinan para producir un flujo de beneficios o servicios para la sociedad. En el caso de los recursos naturales renovables, estos se forman a partir de la recuperación y conservación de la infraestructura natural.

Activos

Unidad Productora

En el Sistema de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, una Unidad Productora "es el conjunto de recursos o factores productivos (infraestructura, equipos, personal, organización, capacidades de gestión, entre otros) que, articulados entre sí, tienen la capacidad para proveer bienes o servicios a la población objetivo. Constituye el producto generado o modificado por un proyecto de inversión".

En la tipología de proyectos de inversión en ecosistemas, se considera como Unidad Productora al ecosistema; sus factores de producción son agua, suelo, cobertura vegetal, especies, clima, gestión del ecosistema, los cuales, de manera articulada y funcional, generan la capacidad para proveer de servicios ecosistémicos a la población.

Dependiendo del tipo de ecosistema, habrá factores que son esenciales para el buen funcionamiento del ecosistema. Por ejemplo, en un bosque relicto son factores esenciales el suelo y el agua; mientras que en un bofedal es esencial la cobertura vegetal, que dependerá del agua y del suelo.

Marco normativo

- **En relación con ecosistemas y servicios ecosistémicos**

- Ley n.° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.
- Ley n.° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N.° 038-2001-AG.
- Ley n.° 26839, Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica y su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N.° 068-2001-PCM.
- Ley n.° 28216, Ley de protección al acceso a la diversidad biológica peruana y los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas.
- Ley n.° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley n.° 28611, Ley General del Ambiente.
- Decreto Supremo n.° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
- Decreto Supremo n.° 016-2009-MINAM, que aprueba el Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas.
- Decreto Supremo n.° 014-2011- MINAM, que aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental - PLANAA 2011-2021.
- Decreto Supremo n.° 009-2014-MINAM, que aprueba la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018.
- Ley n.° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por servicios ecosistémicos, 2014.
- Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones
- Decreto Legislativo n.° 1252, que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones y sus modificatorias.
- Decreto Supremo N °284-2018-EF, que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo n.° 1252.
- Resolución Directoral n.° 001-2019-EF/63-.01, que aprueba la Directiva General del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

Propuesta de intervenciones mediante infraestructura natural con fines de mitigación de riesgos de inundación y movimientos de masa

Para la identificación de intervenciones se considera, entre otros dispositivos legales, el Decreto Supremo N° 017-2018-MINAM que aprueba los lineamientos para la incorporación sobre infraestructura natural y gestión de riesgos en un contexto de cambio climático, en el marco de la reconstrucción con cambios.

Identificación de activos generados con inversiones

La propuesta de activos estratégicos se basa en los resultados de la revisión de los estudios de preinversión de proyectos en la tipología de ecosistemas (bien y

servicio) que fueron declarados viables entre 2015 – 2018, así como aquellos que se han considerado para su financiamiento por el MERESE.

Entre los activos generados con dichas intervenciones se han encontrado los siguientes:

- Superficie reforestada o superficie revegetada.
- Zanjas de infiltración.
- Terrazas de formación lenta, para la retención de suelos.
- Diques para el control de cárcavas.
- Diques, reservorios, Qochas, para retención de agua.
- Cercos de exclusión.
- Cercos perimétricos.
- Barreras vivas cortavientos o protección ecosistema.
- Muros de contención.
- Sistemas de riego para áreas reforestadas o revegetadas.
- Canales de conducción de agua en amunas.

De acuerdo con la muestra, el 97,6 % de los proyectos consideran intervenciones de reforestación y revegetación, el 59,5 % zanjas de infiltración, un 14,3 % diversos mecanismos de protección del ecosistema.

De acuerdo con el documento Plan de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario, Período 2012-2021 (PLANGRACC-A). En el Perú, las actividades en la atención, prevención y reducción de riesgo de desastres han sido principalmente orientadas a la población urbana en temas de vivienda, agua, saneamiento, salud e infraestructura. Sin embargo, los desastres en la agricultura y medios de vida de las poblaciones rurales han impactado económica y socialmente sin que se haya hecho mucho por reducir el impacto de los eventos climáticos extremos sobre la actividad agrícola a un nivel local y regional. Esto nos lleva a destacar la necesidad de adaptación, generación de resiliencia y reducción de vulnerabilidad ya que se pone en riesgo la seguridad alimentaria del país. Por ello, es prioridad para el Ministerio de Agricultura, el desarrollo de un plan de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático en su sector.

Eje estratégico 3
Prevención y reducción de riesgos considerando eventos climáticos

- Objetivo Específico 3.1. Infraestructura hidráulica construida adecuadamente para la prevención y reducción de riesgos por inundación y sequía en zonas agrícolas vulnerables.
- Objetivo Específico 3.2. Identificación, uso y conservación adecuada de las variedades nativas y crianzas con técnicas agroecológicas para la reducción del impacto de eventos climáticos.
- Objetivo Específico 3.3 Manejo de Pastos, Suelos y Aguas mejorado para la reducción de riesgos en la agricultura

- Objetivo Específico 3.4. Prácticas de forestación/reforestación, agroforestería y manejo de bosques adecuados para reducir el impacto de eventos climáticos extremos.

Tabla 2

Rol de organismos e instituciones en Gestión de Riesgos del sector agrarios

Organismo	Capacidades	Rol en el PLANGRACC
Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA)	Cuenta con un presupuesto de 2 millones de soles del 2012 al 2016 para el monitoreo del PLANGRACC-A.	Asesoramiento normativo para los ejes 3 y 5. Tema: Suelos y Monitoreo del PLANGRACC-A.
Dirección General de Infraestructura Hidráulica (DGIH)	Desde el año 2009 cuenta con un Programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerables ante inundaciones, que contribuirá al subprograma de defensas ribereñas, así como un programa de almacenamiento y regulación de lagunas con fines agrícolas por S/ 405 millones, que contribuirá al subprograma de construcción de reservorios.	Asesoramiento normativo en el eje 3
Dirección General de Flora y Fauna Silvestre (DGFFS)	Cuenta con 22 Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre (ATFFS), a nivel nacional.	Asesoramiento Técnico-Normativo en el eje 3, pudiendo asesorar a los gobiernos regionales en temas forestales, y en canalizar fondos externos en temas forestales.
Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE)	La Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos cuenta con técnicos agropecuarios y personal para la realización de encuestas, asimismo, recopila y maneja datos hidrometeorológicos.	Asesoramiento normativo a los ejes 1, 2, 3 y 4.
Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP)	La oficina de planeamiento y presupuesto cuenta con una oficina a nivel central para realizar el seguimiento y evaluación del sector público agrario.	Asesoramiento normativo y de monitoreo en el eje estratégico 5: Puede realizar acciones de monitoreo del PLANGRACC-Ay apoyar financieramente para proyectos seleccionados a nivel central e institucional en el marco del PLANGRACC.
PROYECTOS ADSCRITOS		
Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL)	Tiene una oficina central y 200 sedes y subsedes ubicadas en 20 regionales del Perú. Tiene un presupuesto de 111 millones con todos sus programas. Cuenta con aproximadamente 1,000 personas.	Operador de proyectos, pudiendo ejecutar acciones de asesoramiento técnico y ejecución en el eje 3 en temas de desarrollo rural, manejo de cuencas y cambio climático, en el eje 4 con asistencia técnica para el manejo de cuencas, y en

Organismo	Capacidades	Rol en el PLANGRACC
		el eje 5 con el apoyo a la capacitación técnica.
Proyecto Sub- sectorial de irrigación (PSI)	El proyecto sub-sectorial de irrigación cuenta con un presupuesto de S/91 millones, donde el 70% es financiamiento exterior y 3l 30% recursos del tesoro público, operando desde el año 2011 en Sierra.	Asesor técnico de proyectos en el eje 3, acción estratégica de manejo de agua para reducir el riesgo a la sequía e inundaciones en la agricultura, así como en la acción estratégica de construcción de reservorios, puede apoyar técnicamente a las regiones
Programa de Compensaciones para la Competitividad (AGROIDEAS)	El porcentaje de cofinanciamiento por parte del programa varía entre 60% y 80%, según la magnitud de recursos que le son solicitados, pudiéndose solicitar hasta por un máximo de S/.1´080,000. Apoya directamente a Gobiernos Regionales.	Financiador. Apoyo en el eje 1. Puede contribuir otorgando créditos a los productores que planteen innovación agraria sostenible.
ORGANISMOS PUBLICOS ADSCRITOS (OPA)		
Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)	El INIA cuenta con 13 estaciones experimentales a nivel nacional, y 70 puntos de atención distribuidos a lo largo de todo el territorio nacional, lo que le posibilita tener una cobertura nacional. Tiene un programa de cultivos andinos, una Dirección de Recursos Genéticos, además de ser la Autoridad Nacional en semillas. El presupuesto se ha reducido en un 37% en los últimos 4 años. Debe ser fortalecido a nivel nacional.	Asesoramiento técnico en los ejes 1, 3 y 5, pudiendo contribuir a través de sus 12 estaciones.
Autoridad Nacional del Agua (ANA)	El ANA cuenta con Autoridades Locales de Agua a nivel nacional y Autoridades Autónomas del Agua.	Asesoramiento normativo en los ejes 1, 3 y 4.
Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA)	El SENASA, mantiene un sistema de Vigilancia Fitosanitaria y Zoosanitaria, que protegen al país del ingreso de plagas y enfermedades que no se encuentran en el Perú y es el Ente responsable de cautelar la seguridad sanitaria del agro nacional.	Asesoramiento técnico - normativo en el eje 2: puede apoyar en la prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades que se han incrementado por efecto del cambio climático, fortaleciendo el sistema sanitario nacional.

Nota: MINAGRI.2012. Plan Nacional de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario, período 2012 - 2021 (PLANGRACC-A)"

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 017-2018_MINAM. Lineamientos Para La Incorporación De Criterios Sobre Infraestructura Natural Y Gestión Del Riesgo En Un Contexto De Cambio Climático, En El Marco De La Reconstrucción Con Cambios.

Considera la identificación e implementación de medidas de Infraestructura Natural se considera de manera referencial, para la reducción del riesgo de desastres. Estas medidas podrán ser, entre otras:

- Reforestación con especies nativas
- Revegetación con especies nativas
- Diques para control de cárcavas
- Instalación de terrazas de formación lenta
- Enriquecimiento del suelo
- Construcción de zanjas de infiltración
- Construcción de Qochas o Cochas
- Barreras rompe vientos

Tabla 3

Caracterización de las intervenciones en ecosistemas

Tipo de intervención	Descripción	Objetivos	Medidas complementarias	Indicadores
Reforestación con especies nativas	Repoblar zonas con plantaciones de árboles y/o arbustos en un espacio natural que en el pasado estaba cubierto de bosques que se ha perdido o alterado.	Reducir la erosión hídrica del suelo. Mejorar la regulación hídrica.	Zanjas de infiltración. Terrazas de formación lenta. Revegetación. Enriquecimiento del suelo.	Superficie reforestada. Hectáreas (ha).
Diques para control de cárcavas	Construcción de muros (de troncos, palos o piedras) ubicados perpendicularmente y en forma de media luna a la cárcava. Las dimensiones y las distancias entre los diques dependen de la profundidad y pendientes de la cárcava	Reducir la erosión hídrica del suelo. Mejorar la regulación hídrica. Estabilización de taludes.	Reforestación y Forestación. Revegetación con pastos naturales.	Diques instalados. Número. Superficie de erosión controlada. Hectáreas (ha).
Instalación de terrazas de formación lenta y recuperación de andenes	Son franjas secuenciales que dividen la ladera en secciones perpendiculares a la pendiente, protegidos por muros de piedra o de tierra. Las terrazas son formadas progresivamente por efecto de acumulación de sedimentos.	Controlar el proceso erosivo del suelo e incrementar la infiltración del agua en el suelo	Reforestación. Revegetación.	Longitud de franjas instaladas. Metros lineales (m) Superficie con terrazas formadas. Hectáreas (ha).
Construcción de zanjas de infiltración	Son excavaciones que se realizan en laderas en forma de canales de sección rectangular o	Interceptar y almacenar la escorrentía superficial del	Reforestación. Revegetación	Longitud de zanjas. Metros lineales (m). Superficie de

	trapezoidal, que se construyen a curvas de nivel para detener la escorrentía del agua de lluvias y almacenarlas.	agua de lluvias. Reducir la erosión hídrica del suelo.	terrenos con zanjas construidas. Hectáreas (ha).

Fuente: Adaptado de catálogo de medidas de recuperación y conservación de infraestructura natural. MINAM 2018. Catálogo de obras y prácticas de conservación de suelos y agua. SAGARPA MÉXICO.

Servicios Ecosistémicos

Son aquellos beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas y se agrupan en cuatro tipos:

a) Servicios de Provisión: Estos beneficios son los que se obtienen de los bienes y servicios que las personas reciben directamente de los ecosistemas, entre ellos tenemos: alimentos, agua fresca, materias primas, recursos genéticos, entre otros.
b) Servicios de Regulación: Estos beneficios se obtienen a través de la regulación de los procesos de los ecosistemas, tales como: regulación de calidad del aire, regulación del clima, control de la erosión de suelo, regulación de riesgos naturales, secuestro de carbono, entre otros. Los beneficios de estos servicios para las personas se dan de manera indirecta.
c) Servicios Culturales: Son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas. Entre ellos tenemos la belleza paisajística, la recreación y el ecoturismo, la inspiración para la cultura, el arte y el diseño, la experiencia espiritual y la información para el desarrollo del conocimiento.
d) Servicios de Soporte: Agrupa los servicios necesarios para producir los otros servicios ecosistémicos como: ciclo de nutrientes, formación de suelos, producción primaria y mantenimiento de la biodiversidad (especies, genes y ecosistemas).

La siguiente tabla explica las tipologías de servicios ecosistémicos, el servicio de regulación incluye el servicio de regulación de riesgos naturales que aplica para la mitigación de riesgos de inundación y movimientos de masa.

Tabla 4

Servicios ecosistémicos por tipologías

Tipos de servicios	Servicios ecosistémicos
Servicio de regulación	Regulación de la calidad de aire
	Regulación del clima
	Regulación de riesgos naturales
	Regulación hídrica
	Control de la erosión de suelo
	Purificación del agua y tratamiento de aguas de desecho

Tipos de servicios	Servicios ecosistémicos
	Secuestro de carbono[2]
Servicios culturales	Valores culturales y religiosos
	Valores estéticos
	Belleza paisajística
	Recreación y ecoturismo
Servicios de soporte	Ciclo de Nutrientes
	Formación de suelos
	Producción primaria
	Mantenimiento de la biodiversidad (especies, genes y ecosistemas)

Los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y control de la erosión de suelo se abordan en la tipología de proyectos Ecosistema, a través de intervenciones en los servicios ecosistémicos. Asimismo, los servicios ecosistémicos de belleza escénica o paisajística se abordan en la tipología de proyectos Apoyo al uso sostenible de la biodiversidad, a través de intervenciones en el ecosistema.

Los proyectos de inversión en las tipologías de ecosistemas y especies (ambos a través de intervenciones en el bien) permitirán de manera indirecta la recuperación de los otros servicios ecosistémicos, constituyéndose en beneficios de dichos proyectos (por ejemplo: polinización, secuestro de carbono, entre otros), los cuales podrán ser susceptibles de ser valorados.

- **Servicio ecosistémico de regulación hídrica:** Este servicio se origina cuando el ecosistema almacena agua en los periodos lluviosos y la libera lentamente en los periodos secos. Es decir, el ecosistema proporciona un balance natural entre caudales en época lluviosa con caudales de estiaje. A mayor capacidad de regulación, se espera un incremento del caudal base y una reducción en época de avenidas.
  La regulación hídrica depende principalmente de la intensidad y la estacionalidad de las precipitaciones, la cobertura vegetal, la profundidad del suelo, la alteración de la variabilidad climática y las prácticas de conservación de agua.
- **Servicio ecosistémico de regulación de control de erosión de suelo:** Es la capacidad del ecosistema de disminuir las fuerzas que provocan el desprendimiento de las partículas de suelo, principalmente las fuerzas de erosión producidas por el agua. La cobertura vegetal evita la exposición del suelo a la acción de la lluvia, la escorrentía y el viento, impidiendo la erosión.
- **Servicio ecosistémico cultural de belleza paisajística:** Es la capacidad del ecosistema conservado en brindar el disfrute a la vista o el oído del patrimonio natural.

Objetivo general

[2] En el caso de proyectos cuyos beneficios estén asociados a la reducción o mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, se utilizarán los parámetros de evaluación establecidos en el Anexo N.° 3 de la Directiva N.° 02-2017-EF/63.01 con relación a la Tasa social de descuento y precio social del carbono.

Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica–SIG para aplicaciones forestales, que permita caracterizar y zonificar áreas aptas para la reforestación y a su vez fortalezca la capacidad técnica de la región para implementar estos procesos técnicos en sus programas de desarrollo forestal.

Objetivos específicos

- Desarrollar una aplicación Sistema de Información Geográfica–SIG, en ambiente ARCGIS 10.6.1 para usos forestales en las cuencas ubicadas en el área de influencia de la cuenca de tal forma que permita seleccionar áreas aptas para intervenciones de infraestructura natural con el objetivo de mitigar riesgos de inundación y movimientos de masa mediante la reforestación y a su vez, fortalezca la capacidad técnica de las instituciones y organismos públicos y privados regionales para implementar programas de desarrollo forestal para mitigar riesgos mediante la recuperación de servicios ecosistémicos.
- Identificar zonas potenciales para plantaciones forestales en la cuenca del río Rímac que cumplan con el objetivo de mitigar inundaciones y movimientos de masa mediante el control de erosión hídrica del suelo y fomentando la infiltración de agua principalmente para regulación hídrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la actualidad se están utilizando como información primaria los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que ellos nos entregan información base fundamental al momento de poder evaluar alternativas en la utilización de los espacios. Junto con ello, la información técnica digitalizada que agrupa gran cantidad de datos, además de imágenes satelitales y la ayuda en terreno de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).

En el presente estudio se evalúa los factores que influyen de manera directa en la obtención de intervenciones y áreas óptimas con el objetivo de mitigación de riesgos de inundación y movimientos de masa en la cuenca Rímac, mediante Técnicas de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica (SIG)
Con la información obtenida mediante el Modelo de Capacidad de Acogida y utilizando como base principal datos oficiales del INGEMMT, IGN, INEI, SENAMHI, ANA, SERFOR, MINAM, MINAGRI, MTC, INDECI, GEOCATMIN, WorldClim - GlobalClimate Data.

Tabla 5

Datos de entrada para el geoprocesamiento

ítem	Fuentes	Ponderación	Descripción	Ponderación
Precipitación total anual	Mapa de isoyetas	1 = <350mm 2 = 350 - 600 3 = > 600	La disponibilidad hídrica es factor decisivo en éxito de plantaciones. Las zonas con precipitación mayor a 500 se consideran óptimas.	20

ítem	Fuentes	Ponderación	Descripción	Ponderación
Altitud	Dem	1 > 4000, 2 de 3500-4000, 3 2500-3500	Las especies requieren condiciones de altitud adecuadas	15
Vigor vegetación	NDVI mes de junio y octubre	1 = > 0-0.1 Sin vegetación 2 = 0.1-0.2 Vigor medio, vegetación ligera y media 3 = > 0.2 vigor alto, vegetación alta	Asegura crecimiento de plantación al ser zonas con vegetación vigorosa y un valor de NDVI mayor a 0.2	15
Susceptibilidad mm	Mapa de susceptibilidad de movimientos de masa MINAM	1 = BAJO 2 = MEDIO 3 = ALTO	Se prioriza las áreas con mayor susceptibilidad	15
Topografía	Pendiente en grados	1 = 0-30° 2 = 30-45 3 = > 45	La pendiente es un principal factor de susceptibilidad de movimientos de masa, las pendientes óptimas están entre los 30° a más.	15
Centros Poblados distancia	Centros Poblados MINEDU	valor 1 > 5000 m valor 2 de 3000-5000 m valor 3 de 0-3000 m	Los valores más cercanos son los óptimos el valor 3 indica que las áreas óptimas están de o a 3,000 metros.	10
Cobertura vegetal	Mapa de cobertura vegetal MINAM 2015	1 = Agricultura 2= Pajonal 3= Matorral arbustivo, bosque relicto	La vegetación es un indicativo para acciones de forestación y reforestación	10
Fallas geológicas	GEOCATMIN	valor 1 > 3000 m valor 2 =2000-3000m valor 3= de 0-2,000 m	Los valores más cercanos son los óptimos el valor 3 indica que las áreas óptimas están de o a 3,000 metros.	10
			Total	100

Fuente: MINAM, MINAGRI, INEI, WORD CLIM. Elaboración propia

RESULTADOS

A continuación, se definen las matrices que fueron evaluadas por los expertos, donde se obtuvo la asignación de cada juicio de valor, incluyendo la razón de consistencia obtenida.

Tabla 6

Matriz madre de la evaluación realizada con sus respectivos juicios de valor asignados

Datos de entrada	Ponderación	Ubicación del mapa
Precipitación total anual	10	Figura 1
Peligros geológicos	7	Figura 2
Movimientos de masa	10	Figura 3
Vigor de vegetación	10	Figura 4
Pendiente	10	Figura 5
Accesibilidad y vías de comunicación	10	Figura 6
Altitudes para reforestación	10	Figura 7
Cobertura vegetal	5	Figura 8

Fallas	5	Figura 10
TOTAL	100	

La ponderación está formada por un rango del 1 al 3, se considera la óptima la ponderación 3.

Figura 1

Mapa de precipitación total anual

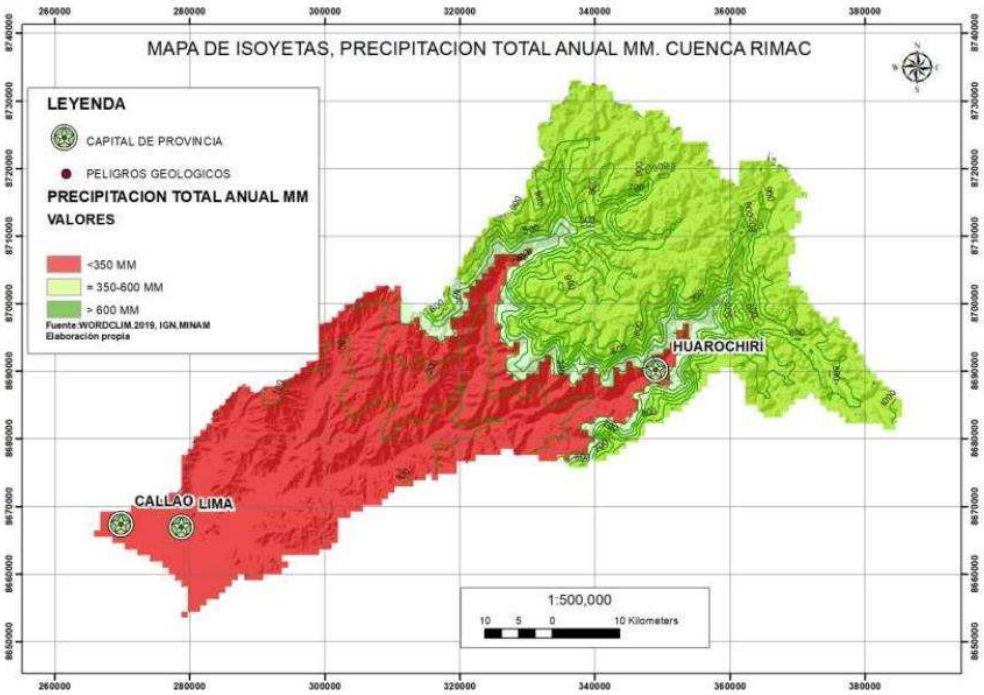


Figura 2

Mapa de peligros geológicos de la cuenca del río Rímac

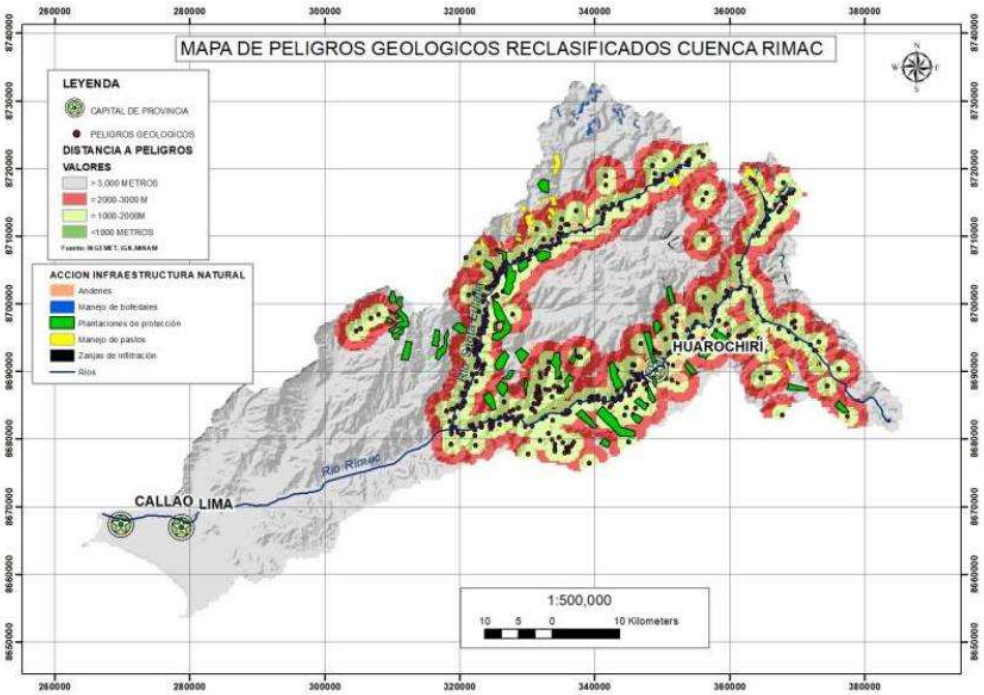


Figura 3

Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la cuenca del río Rímac

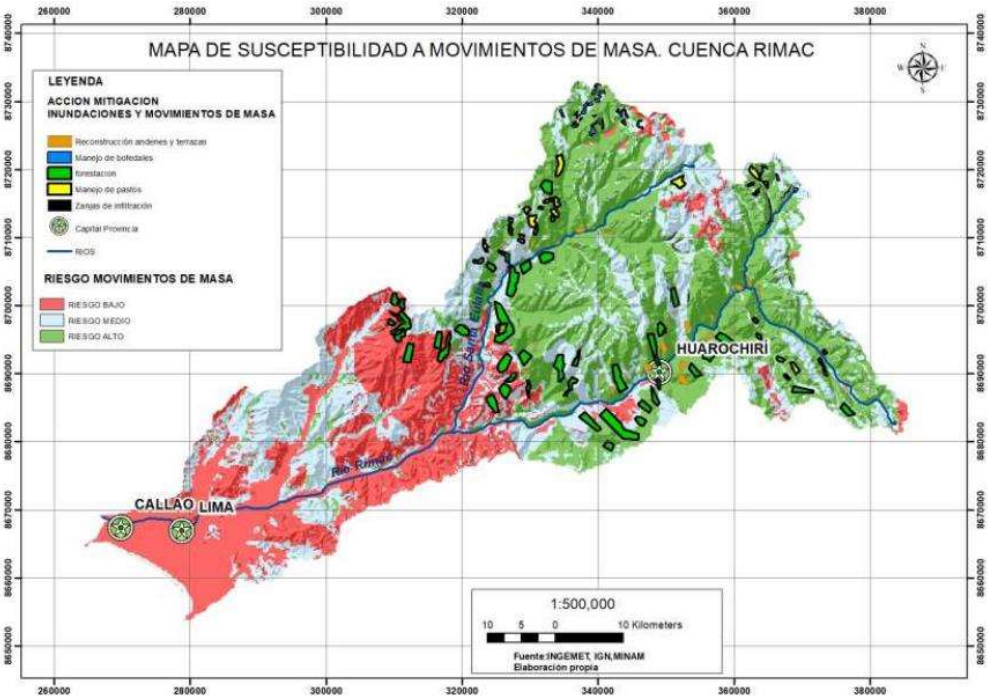


Figura 4

Mapa de vigor de la vegetación de la cuenca del río Rímac

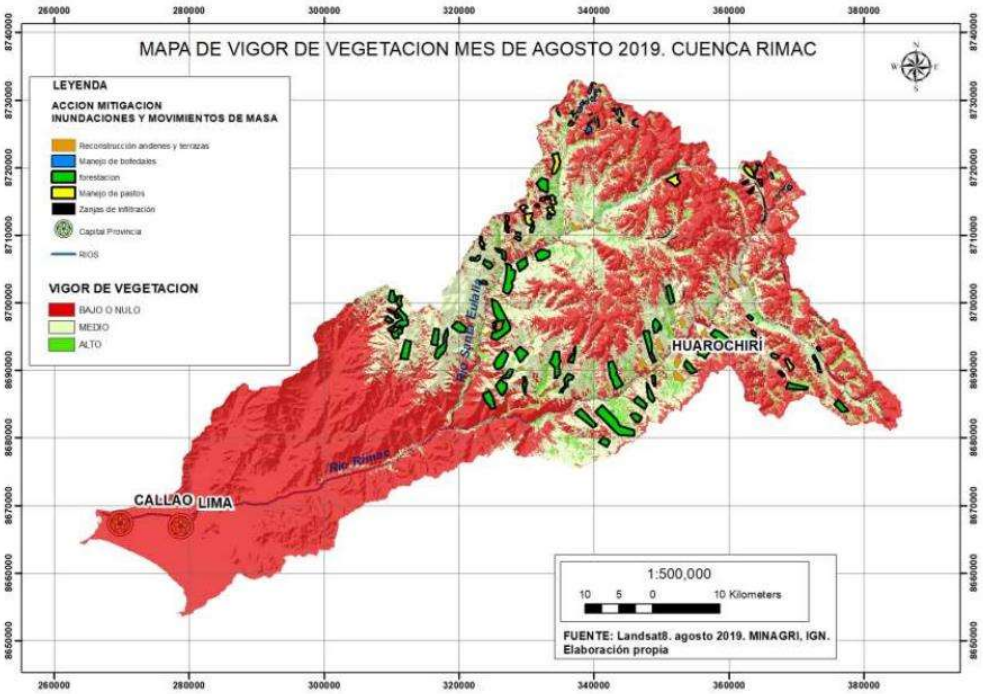


Figura 5

Mapa de pendientes *de la cuenca del río Rímac*

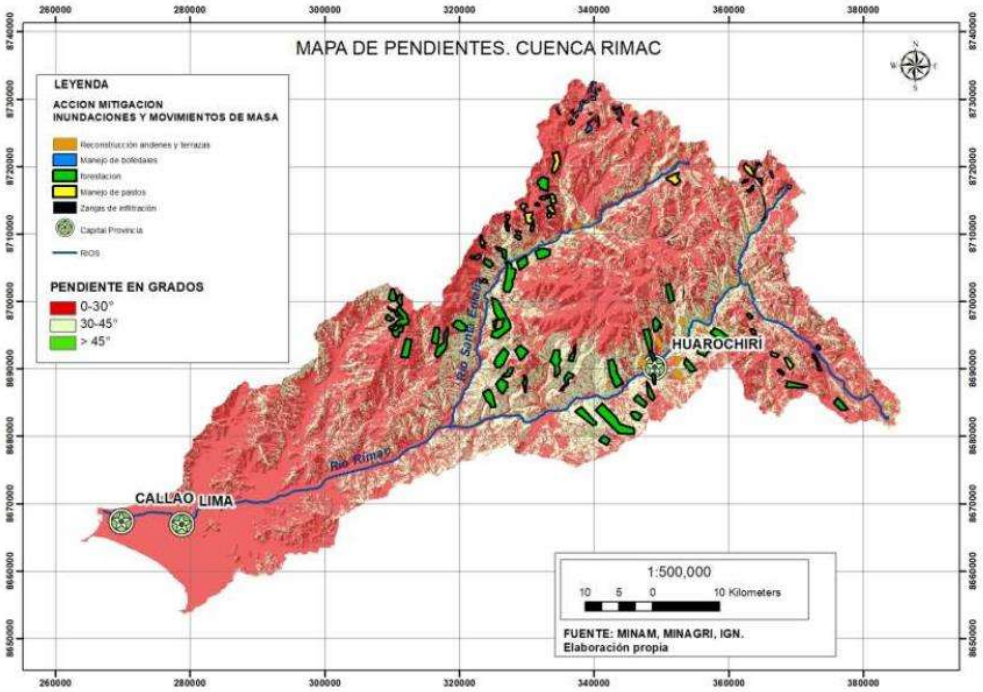


Figura 6

Mapa de accesibilidad de la cuenca del río Rímac

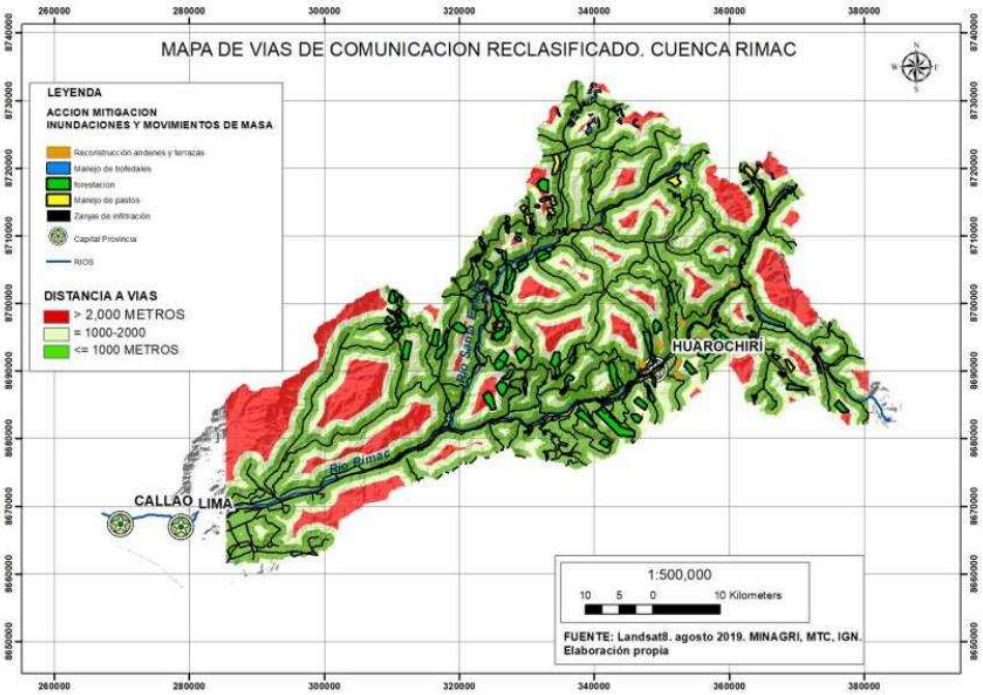


Figura 7

Mapa de altitudes de la cuenca del río Rímac

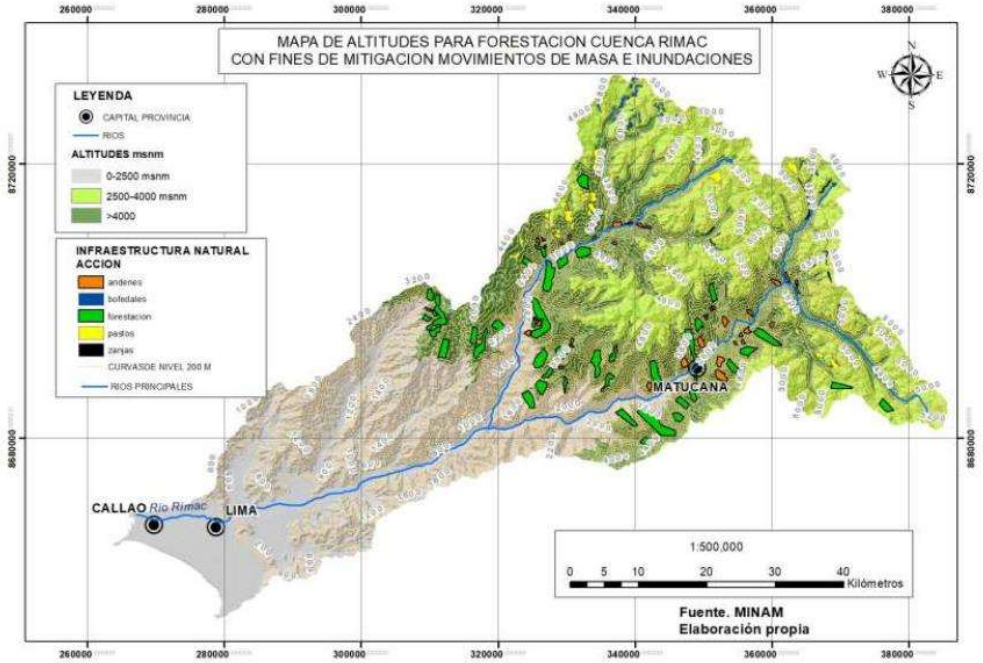


Figura 8

Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Rímac

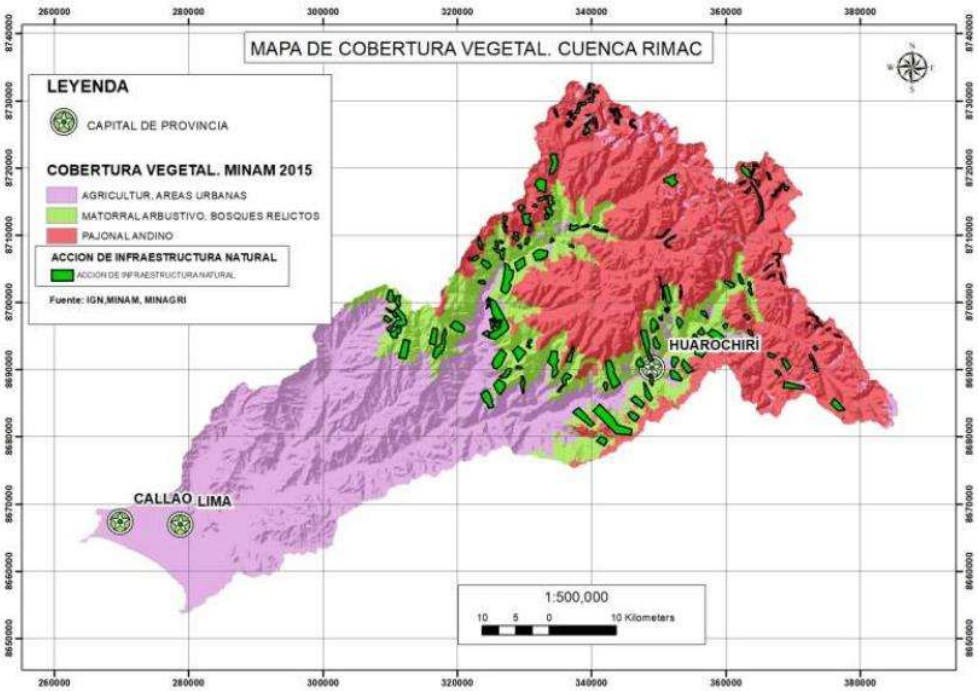


Figura 9

Mapa de microcuencas de la cuenca del río Rímac

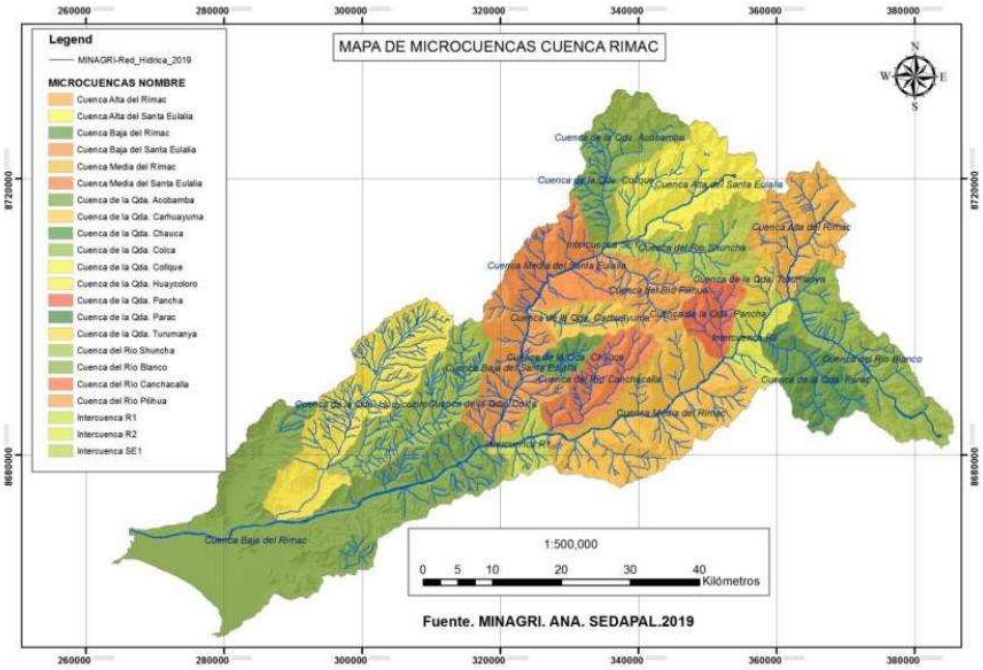


Figura 10

Mapa de fallas geológicas de la cuenca del río Rímac

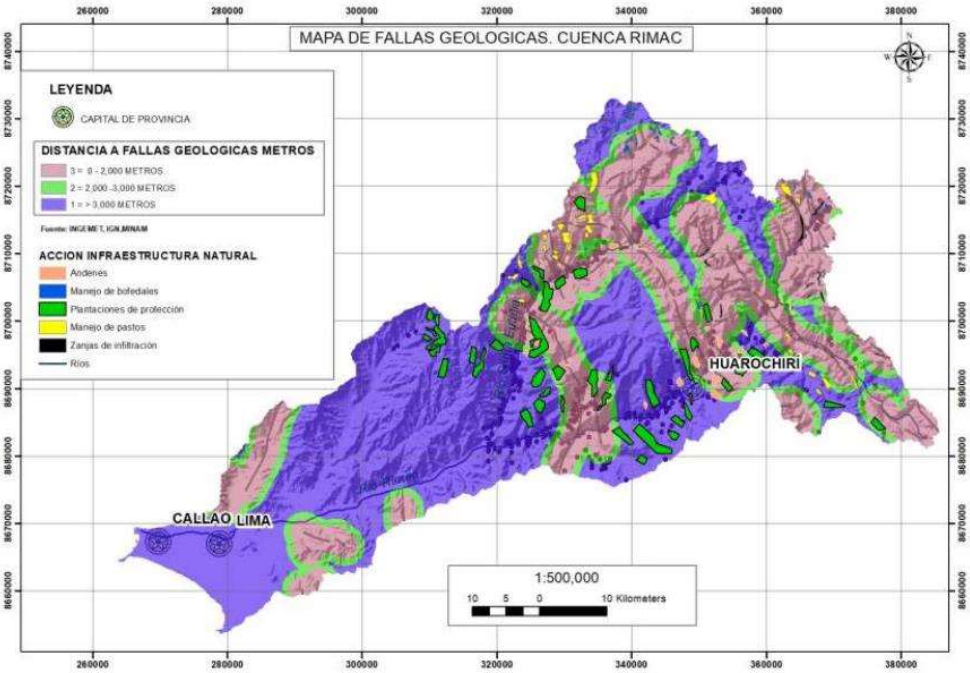


Figura 11

Mapa de intervenciones de infraestructura natural por comunidad campesina

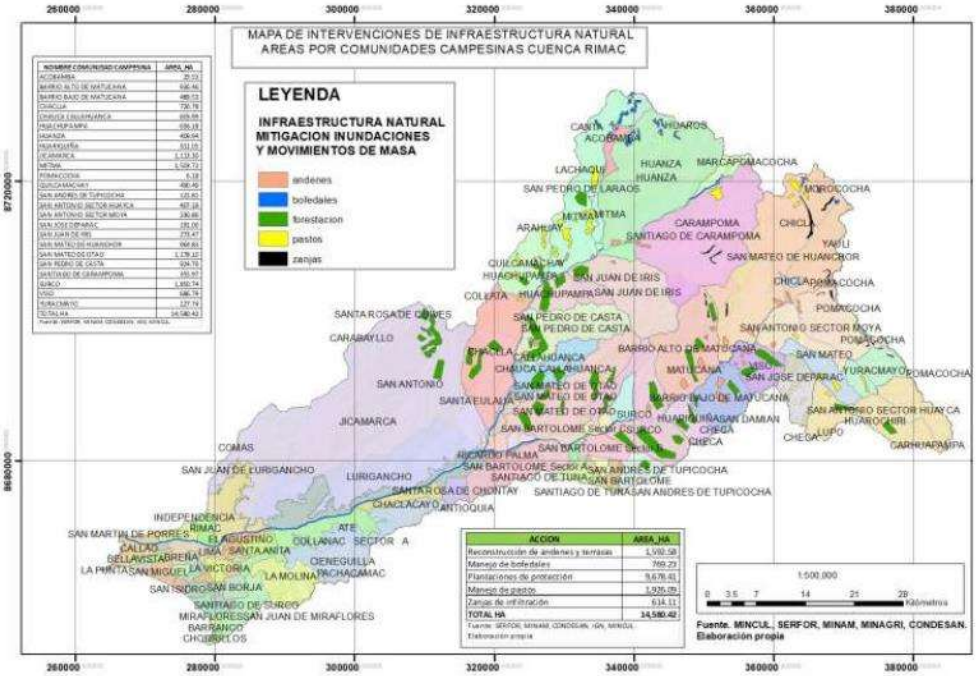
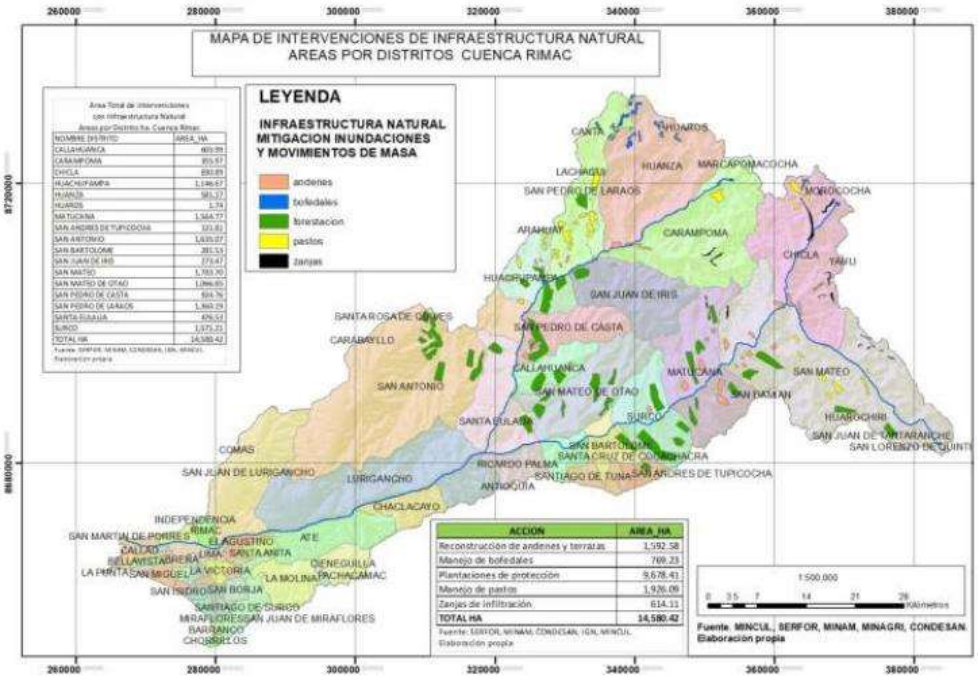


Figura 12

Mapa de intervenciones de infraestructura natural por distrito



CONCLUSIONES

El área con aptitud alta para intervenciones con infraestructura natural para mitigar riesgos de inundación y movimientos de masa es la siguiente:

Tabla 7

Intervenciones Infraestructura Natural con fines de mitigación de riesgos de inundación y movimientos de masa. Cuenca Rímac

Acción	Área (ha)
Reconstrucción de andenes y terrazas	1,592.58
Manejo de bofedales	769.23
Plantaciones de protección	9,678.41
Manejo de pastos	1,926.09
Zanjas de infiltración	614.11
Total (ha)	14,580.42

RECOMENDACIONES

Se recomienda promover trabajos coordinados entre las distintas autoridades de la cuenca del río Rímac, que permitan implementar infraestructura natural basada en la reconstrucción de andenes, manejo de bofedales, plantaciones de protección, manejo de pastos y zanjas de infiltración.

Se recomienda involucrar a las empresas privadas las cuales tienen incidencia directa en la cuenca del Rímac, tales como mineras, empresas agrícolas entre otras a invertir en obras de infraestructura natural.

REFERENCIAS

Decreto Supremo N° 017-2018_MINAM. Lineamientos Para La Incorporación De Criterios Sobre Infraestructura Natural Y Gestión Del Riesgo.

Guía Nacional de Valoración Económica del Patrimonio Natural, Ministerio del Ambiente (2015) y World Resources Institute (2003).

Ley 30215: Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos

Ley 28611, Ley General del Ambiente; Ley 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos,

MINAGRI.2012. Plan Nacional de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario, período 2012 - 2021 (PLANGRACC-A)"

Resolución Ministerial N° 440-2018-MINAM, publicada en el diario El Peruano el 21.12.2018.

Soto L., W.A., Cellen, R., De Bievere, Ver, Ochoa B. Borja, P (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos.

Suarez J. (2001). Control de erosión en zonas tropicales. Bucaramanga-Colombia.556P

Villanueva R. 2011; Los impactos del cambio climático en las funciones hidrológicas de la cuenca del rio Santa.